Česká zemědělská univerzita v Praze

Technická fakulta

KATEDRA FYZIKY

Zdroje energie v pasivních domech

bakalářská práce

Vedoucí bakalářské práce: **RNDr. Vladimír Roubík, CSc.**

Studijní obor: **Obchod a podnikání s technikou**

Autor práce: **Pavel Širočka**

PRAHA 2016

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Technická fakulta

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Pavel Širočka

Obchod a podnikání s technikou

Název práce

Zdroje energie v pasivních domech

Název anglicky

The sources of energy in the pasive houses

Cíle práce

Z dostupných zdrojů popsat fyzikální podstatu zdrojů energie v pasivních domech, charakterizovat jednotlivé druhy, uvést výhody a nevýhody a ekonomickoou výhodnost.

Metodika

Na základě studia dostupných materiálů vypracovat bakalářskou práci dle předložené osnovy. Předpokládá se rešeršní práce bez vlastních experimentů.

Doporučený rozsah práce

25 30 stran

Klíčová slova

Pasivní dům, zdroje energie, druhy, fyzikální princip, charakteristika, ekonomická výhodnost.

Doporučené zdroje informací

1) HALLIDAY, D. et. al.: Fyzika. VUTIUM, Brno 2003, 1198 s. ISBN 80-214-1868-0
2) MECHLOVÁ, E., KOŠŤÁL, K. et. al.: Výkladový slovník fyziky. Prometheus, Praha, 1999, 588 s. ISBN 80-7196-151-5
3) HALPERN, A.: 3000 Solved Problems in Physics. McGraw-Hill, New York, 1988, 751 pp. ISBN 0-07-025734-5
4) JARDINE, J.: Physics through Applications. Oxford University Press, Oxford, 1991, 247 pp. ISBN 0-19-914280-7
5) www.energetickyporadce.cz

Předběžný termín obhajoby

2014/15 LS – TF

Vedoucí práce

RNDr. Vladimír Roubík, CSc.

Garantující pracoviště

Katedra fyziky

Elektronicky schváleno dne 4. 2. 2013

prof. RNDr. Ing. Jiří Blahovec, DrSc.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 5. 2. 2013

prof. Ing. Vladimír Jurča, CSc.

Děkan

V Praze dne 23. 03. 2016

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci na téma Zdroje energie v pasivních domech vypracoval samostatně pod dohledem RNDr. Vladimíra Roubíka, CSc. a použil jen zdroje, které cituji a uvádím v seznamu použitých zdrojů.

V Praze dne 4. 4. 2016 .....

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji všem, kteří se podíleli odbornou pomocí, především RNDr. Vladimíru Roubíkovi, CSc. za vedení při tvorbě mé bakalářské práce.

Dále děkuji rodičům za podporu při mém studiu a při tvorbě této bakalářské práce.

Abstrakt

Téma bakalářské práce se týká problematiky energií v pasivních domech. Cílem této práce bylo podat základní informace o pasivních domech a možnostech energií v nich.

Úvodní část se týká přehledu a popisu pasivního domu. Dále jsou popsány možnosti energií v pasivních domech. Prostřední část je věnována tepelným čerpadlům. V další části práce jsou uvedeny rekuperace vzduchu a následně solární systémy. V závěru je celkový pohled na tyto systémy a pasivní domy do budoucna.

Klíčová slova: Pasivní dům, zdroje energie, druhy, fyzikální princip, charakteristika, ekonomická výhodnost

Abstract

The topic of this Bachelor thesis focuses on the energy issue in passive houses. The aim is to provide the reader basic information about passive houses and possibilities of energy in them.

Introductory section covers an overview and description of the passive house. The following describes the possibilities of energy in passive houses. The middle part is dedicated heat pumps. In the next part is about the recovery of air and solar systems. In conclusion is the overall view of this systems and passive houses to the future.

Key words: Passive house energy sources, types, physical principles, characteristics, economic profitability

Obsah

1. Úvod 1
2. Pasivní dům 2
   2.1. Požadavky pasivního domu 3
   2.2. Postup při navrhování pasivního domu 5
   2.3. Izolace konstrukcí 6
   2.4. Výplně otvorů 8
   2.5. Neprůvzdušnost 9
3. Tepelná čerpadla 10
   3.1. Princip tepelného čerpadla vzduch - voda 11
   3.2. Princip tepelného čerpadla země - voda 12
   3.3. Princip tepelného čerpadla voda - voda 14
   3.4. Princip tepelného čerpadla vzduch - vzduch 15
4. Rekuperace vzduchu 16
   4.1. Výhody nuceného větrání s rekuperací tepla 19
5. Solární energie 19
   5.1. Fotovoltaické panely 19
   5.2. Solární kolektory 20
      5.2.1. Ploché kolektory 21
      5.2.2. Vzduchové kolektory 22
      5.2.3. Vakuové - trubicové kolektory 23
6. Ekonomické zhodnocení 25
7. Závěr 26
8. Bibliografie 27

1. Úvod

Stavba domů, jak byli lidé zvyklí, prochází rok od roku neustále změnami a vylepšeními. Tyto změny a vylepšení mají za úkol zkvalitnit dům při snížení nákladů na jeho provoz.

Nové domy se staví neustále. S tím je stále více spojené snižování nákladů na bydlení a zároveň také dosáhnutí šetrného obydlí vzhledem k přírodě.

Má-li vzniknout dům, který se chce směřovat tímto směrem, musí ovšem dodržet určité podmínky a parametry. Ty jsou silně spojeny s alternativními zdroji energie, nebo pokud možno zdroje energie vůbec nepotřebovat.

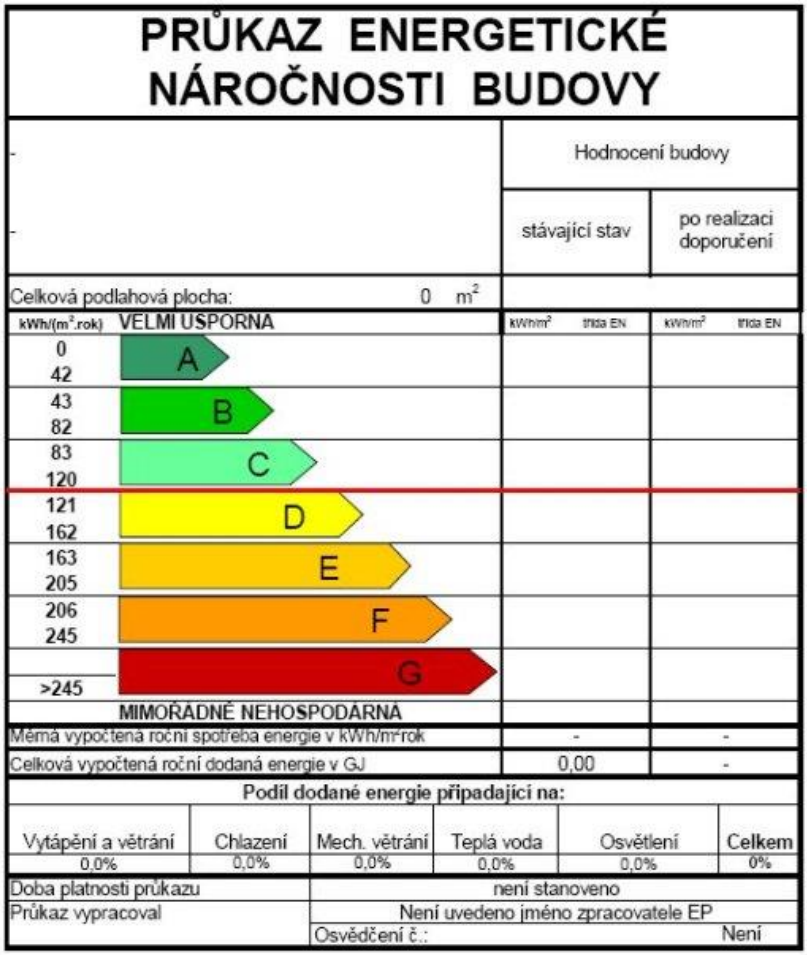
V této práci nejdříve rozebereme pasivní dům, abychom věděli, jaké jsou požadavky a zároveň také zdroje energie, které tento dům udrží obyvatelným při jakémkoliv ročním období.

2. Pasivní dům

Pasivní domy jsou domy, které jsou velice málo závislé na dalších zdrojích energie. Tento název vznikl tím, že dům užívá pasivní tepelné zisky uvnitř budovy. Primárním zdrojem energie je slunce. U pasivních domů je důležitý průchod slunečního tepla do budovy, která si ho díky velmi kvalitní izolaci, která je podmínkou, zachová a nepouští ho ven do okolí. Dalším důležitým faktorem jsou okna, jež sluneční světlo pouští dovnitř. Nezanedbatelným pasivním zdrojem energie jsou ale také například přístroje uvnitř domu, které také vytváří teplo. V neposlední řadě také sám člověk. V klidovém stavu lidské tělo vyzařuje přibližně tak veliké teplo, jako žárovka o výkonu 100W. U pasivních domů činí plošná měrná spotřeba tepla na celoroční vytápění $\mathbf{e_\Lambda \leq 15\ kWh \cdot m^{-2}}$. Tato hodnota se uvádí při výpočtové venkovní teplotě -12°C. Současně teplotní ztráta pasivního domu se pohybuje do 10 $W \cdot m^{-2}$ vytápěné plochy. U klasických domů se tato hodnota dle požadavků norem pohybuje mezi 80 – 150 $kWh \cdot m^{-2}$. Vytápění domů, jak jsme zvyklí, je tedy u pasivních domů nepotřebné. U místností o rozloze 15 m^2 nečiní tepelná ztráta více, než 150 W. Takto malé tepelné ztráty lze pokrýt prakticky i bez užití topné soustavy. U pasivních domů se využívá technologie aktivního větrání. To se nazývá rekuperace vzduchu a lze tím pokrýt energetickou potřebu pro vytápění. Toho lze dosáhnout ovšem za podmínek přitápění nasávaného vzduchu. Takovýto systém by v zimních měsících nebyl dostačující. Dalším zdrojem energie mohou být také tepelná čerpadla. Řada lidí chce mít stále ve svých domech krbová kamna. Ty jsou bohužel u pasivních domů nevhodná, protože teplem z kamen, by se dům mohl přehřívat. Tyto všechny faktory způsobí, že uvnitř domu je po většinu roku příjemné klima a teplota v místnostech a tím zajišťují kvalitní, příjemné a zdravé bydlení. Pasivní dům má určité požadavky, dle normy ČSN 730540. Tyto požadavky musí být splněny, abychom mohli uvádět, že bydlíme v pasivním domě. (8)

2.1. Požadavky pasivního domu

- Součinitel prostupu tepla obvodových zdí je $U \leq 0{,}15\ W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$. (11)
- Součinitel prostupu tepla u střech je $U \leq 0{,}12\ W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$. (11)
- Výsledný součinitel prostupu tepla u oken je $U \leq 0{,}8\ W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$. Při propustnosti energetického solárního záření $g \geq 0{,}5$. (11)
- U rekuperace (zpětném získávání tepla při větrání) má být účinnost zařízení větší než 75 %. (11)
- Podle EN 13829 má být pasivní dům dokonale utěsněn proti průvzdušnosti ve spárách oken a stěn ($n \leq 0{,}6\ h^{-1}$ při $\Delta p = 50$ Pa). (11)
- Celkové množství energie spojené s provozem by neměl pasivní dům překročit $120\ kWh \cdot m^{-2} \cdot a^{-1}$. Primární energii získáváme z vnějšku pasivního domu. Primární energii násobíme faktorem energetické přeměny. Využijeme ji na provoz spotřebičů, krytí tepla nebo ohřev teplé vody. Pro elektrickou energii dnes uvažujeme s faktorem energetické přeměny hodnoty 3, obvyklá paliva 1, dálková vytápění 1,1 a obnovitelné zdroje 0. (11)
- Limit tepelných ztrát při výpočtu nepřesahují $0{,}3\ W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$. (11)
- Pokud v pasivním domě máme zbudovány balkóny, lodžie nebo zimní zahrady tak se většinou vyplatí je stavebně tepelně oddělit a zajistit jejich účinné větrání. (11)



PRŮKAZ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY

-	Hodnocení budovy	
-	stávající stav	po realizaci doporučení
Celková podlahová plocha: 0 m^2		
kWh/(m^2.rok) VELMI ÚSPORNÁ	kWh/m^2 třída EN	kWh/m^2 třída EN
0 – 42 A		
43 – 82 B		
83 – 120 C		
121 – 162 D		
163 – 205 E		
206 – 245 F		
>245 G		
MIMOŘÁDNĚ NEHOSPODÁRNÁ		
Měrná vypočtená roční spotřeba energie v kWh/m^2rok	-	-
Celková vypočtená roční dodaná energie v GJ	0,00	-

Podíl dodané energie připadající na:					
Vytápění a větrání	Chlazení	Mech. větrání	Teplá voda	Osvětlení	Celkem
0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0%

Doba platnosti průkazu	není stanoveno
Průkaz vypracoval	Není uvedeno jméno zpracovatele EP
	Osvědčení č.: Není

Obrázek 1, Energetický štítek budovy (11)

Celoevropsky nejčastější nástroj užívaný pro optimalizaci návrhu a hodnocení energetické bilance pasivních domů se užívá termín PHPP (Passive House Planning Package). Tento nástroj pracuje s dostatečnou přesností, která je potřebná pro pasivní domy. Je to jednoduchý návrhový nástroj, který napomáhá a umožňuje projektantům a architektům spolehlivě optimalizovat své návrhy a vypočítat energetickou bilanci budovy. (8)

2.2. Postup při navrhování pasivního domu

Nejdůležitějším faktorem pasivního domu je jeho návrh. Už při navrhování domu se určuje, jaká bude v budoucnu spotřeba energie tohoto domu. Lze tedy už v návrhu dosáhnout co nejvíce úspor za co nejmenší náklady. Navrhnout takový dům není příliš složité, je ale potřeba dodržet podmínky této budovy. Zde hrají velikou roli zkušení projektanti a také architekti. Při projektování se nesmí opomenout žádný prvek, jako je orientace domu vzhledem ke světovým stranám, velikost a tvar budovy, konstrukční řešení domu, vnitřní dispozice, velikosti a umístění oken a v neposlední řadě také návrh vytápění a větrání. Nedodržením těchto základních prvků, může velmi lehce dojít ke zmaření snahy o dosažení pasivního domu. Některé nedostatky by se daly nahradit zesílením ostatních prvků, což ale ne vždy může být uskutečněné a zároveň tím narůstá cena stavby. Samozřejmě nelze se pouze dívat na energetické hodnoty. Jde nám o příjemné a pohodlné bydlení v rodinném domě, ale je důležité vytěžit co nejvíce z daného pozemku a zadání investora, se zachováním ohledu na funkčnost domu a snížení spotřeby energie. (11)

Obrázek 2, Natočení domu vzhledem ke světovým stranám (8)

2.3. Izolace konstrukcí

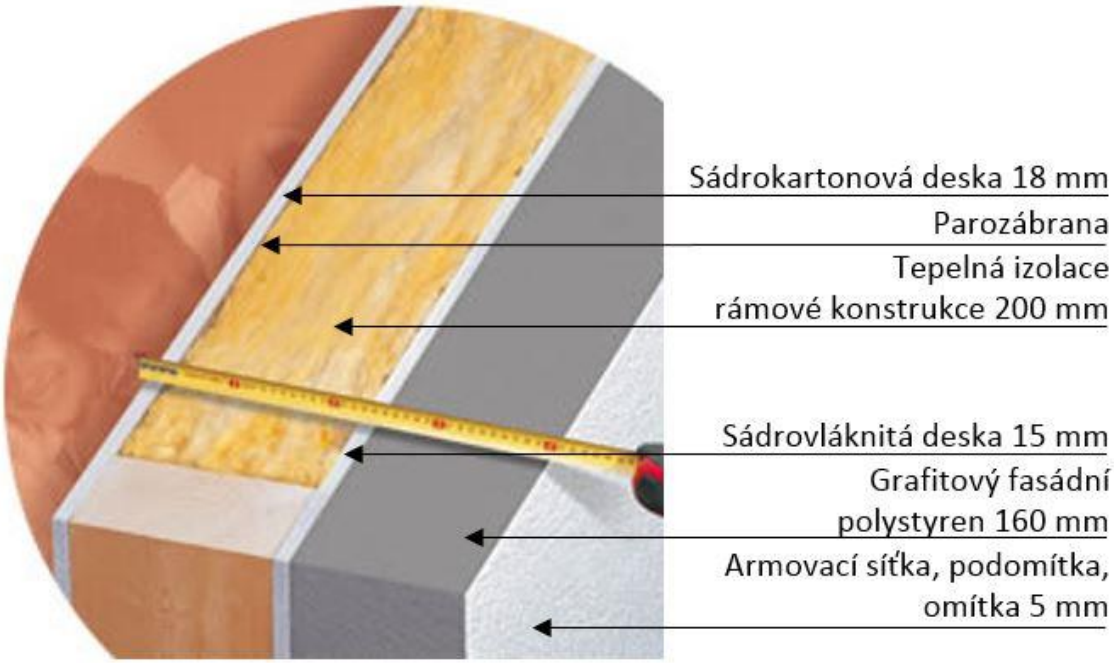
Izolace je jeden z nejdůležitějších faktorů pasivního domu. Vzhledem k normálním domům se pasivní domy izolují mnohem více. Běžná užívaná tloušťka izolace se pohybuje okolo 30cm materiálu u stěn a střešní izolace může dosahovat až 40cm. U tloušťky izolace není vhodné šetřit, protože samotná izolace nepatří mezi drahé položky stavby. Cena se díky tomu navýší minimálně, protože všechny ostatní položky potřebné k izolaci jako jsou lepidla, barva, omítka, lešení atd. zůstávají stejné. (8)

Typ konstrukce	Požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla U konstrukcí [W/m^2.K]	Hodnota U konstrukcí pro pasivní domy [W/m^2.K]
Obvodová stěna	0,38 těžká 0,30 lehká	0,10 - 0,15
Střecha	0,24	0,08 - 0,12
Podlaha na terénu	0,45	0,08 - 0,12
Okna	1,7	0,8

Tabulka 1, Doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla (8)

V dnešní době existuje několik typů obvodových konstrukcí, které jsou vhodné pro pasivní domy. Jsou to například: betonová nebo zděná masivní konstrukce, dále máme dva typy dřevostaveb, prefabrikované a montované. Masivní konstrukce mají výhodu větší schopnosti akumulace tepla. Dřevostavby naopak vynikají menší tloušťkou stěn, rychlejší stavbou s menší pracností. Pro všechny konstrukční systémy platí obecná zásada: pro dosažení požadovaných izolačních vlastností by měla být tloušťka nosné konstrukce co nejmenší. U zděných staveb vychází ekonomicky výhodněji zvolit co nejtenčí nosné stěny a k nim přidat dostatečnou tloušťku izolačního materiálu. Pro pasivní domy tedy není ekonomicky výhodné volit zdivo z keramických či pórobetonových tvárnic tloušťky větší než 30 cm. Je možné tímto způsobem postavit pasivní dům, ale výsledné stěny jsou zbytečně tlusté a každý ušetřený čtvereční metr

podlahové plochy je vždy užitečný. Stěny z betonu nebo bloků skládajících se z vápenopískového materiálu zvládají dosáhnout nosné konstrukce při tloušťce po 20 cm. Po přidání izolačních materiálů tloušťka stěny nepřesáhne 50 cm. (8,11)



Obrázek 3, Izolace pasivního domu (11)

Jako tepelnou izolaci můžeme bez větších problémů použít všechny běžné dostupné izolační materiály, jako je minerální vlna, dřevovláknité desky, polystyren, lněné a konopné izolace, izolace na bázi PUR pěny, či jejich přírodní alternativy jako foukanou celulózu, slámu nebo ovčí vlnu. V současné době je dostupná i vakuová izolace s podstatně nižšími hodnotami tepelné vodivosti, která se požívá díky vyšší ceně spíše na specifické části stavby. (8)

2.4. Výplně otvorů

Okna u pasivních domů jsou nejslabším prvkem, jelikož jsou běžně až pětkrát tepelně slabší, než obvodové konstrukce. Z jiného úhlu pohledu jsou ale důležitým ziskovým prvkem, protože skrze okna proudí do domu solární energie. (8)

Díky tomu jsou tedy zisky větší než ztráty. Aby to ovšem splňovalo tento požadavek, musí okna pro pasivní domy splňovat také několik podmínek:

- hodnota celého okna včetně rámu menší než 0,80 W/(m^{2}K)
- zasklení trojskly vyplněné vzácným plynem, běžně dosahuje hodnotu U_g < 0,6 W/(m^{2}K) s vysokou propustností slunečního záření nad 50%
- minimalizovány tepelné mosty v místech osazení okna do stěny - řeší se umístěním okna do vrstvy tepelné izolace a použitím kvalitních izolovaných rámů s přetažením izolace přes rám (11)

Obrázek 4, Okno pasivního domu (11)

Více než třetinový zisk tepla lze pokrýt pasivním solárním teplem. Jedná se o teplo, které proniká do budovy skrze okna. Proto je důležitá vhodná orientace, velikost a kvalita prosklení. Naprosto ideální a nejčastěji užívaná je jižní orientace domu. Dále lze použít případě jihovýchodní či jihozápadní orientace. Naopak v ostatních fasádách by mělo být oken co nejméně. Častou otázkou je vhodná plocha zasklení. Úspory energie, kterých lze dosáhnou díky solárním ziskům okny umístěných směrem na jih, se pohybují přibližně mezi 30-40%. Další umísťování a zvětšování oken ale už nevede k úsporám, spíše naopak. Kvůli přebytku slunečního tepla může docházet k výraznému přehřívání interiéru. Abychom dosáhli příjemného klimatu uvnitř domu i v letním období, je vhodné využít určitých typů stínění. Buď jsou vhodné horizontální přesahy, nebo naprosto ideálně venkovní žaluzie, které jsou bohužel ale také finančně náročnější. (8)

2.5. **Neprůvzdušnost**

Díky bohaté izolaci by se mohlo zdát, že dům nebude dýchat. To je ovšem faktor, který potřebujeme, aby byl dům co nejvíce uzavřený a utěsněný. Pravidelnou výměnu vzduchu zajistíme systémem větrání s rekuperací vzduchu. Tím se dostáváme opět do fáze projektu, kde je velice nutné navrhnout v celém objektu kompletní vzduchotěsnou obálku bez zbytečných přerušení. Malými otvory a netěsnostmi nám může v obálce budovy unikat teplo současně ale i s vlhkostí, čímž vzniká nebezpečí, že vnitřní vlhkost bude kondenzovat na konstrukcích a může ovlivnit jejich životnost. Systém rekuperace je rozebrán v kapitole 4. (8)

3. Tepelná čerpadla

Způsob práce tepelného čerpadla by se principiálně dal přirovnat k domácí chladničce. Domácí chladnička vyrábí chlad pro potraviny, které jsou v ní a vypouští teplo do místnosti, kde se nachází. Tepelné čerpadlo funguje na opačném principu, kdy získává teplo z okolí, kde ho je neomezené množství. (5)

Tepelných čerpadel je několik druhů. Nejčastěji užívané je získávání tepla ze vzduchu, nebo také ze země prostřednictvím kapaliny. Nemrznoucí směs, která proudí v rourách uložených v zemi „vytahuje“ teplo z okolní zeminy. (5)

Užívá se k tomu speciální nemrznoucí směs, která se po ohřátí „přírodním teplem“ odvádí do výparníku tepelného čerpadla, kde se toto teplo předá chladivu kolujícímu uvnitř zařízení. Chladivo se vypařuje ve výparníku, tím vzniká plyn, který je nasáván kompresorem. Kompresor toto ohřáté chladivo ve formě plynu prudce stlačí. Následně, díky fyzikálnímu principu komprese, ohřeje teplo na vyšší teplotní hladinu, která je cca 80°C. Toto ohřáté chladivo putuje do kondenzátoru, kde se předá do vody, která ohřívá celý dům. Dále nám vzniká koloběh chladiva. Z kondenzátoru se díky expanznímu ventilu chladivo prudce ochladí a putuje zpět do výparníku, kde se opět ohřeje. Tento cyklus je stále opakován dokola.

Na stejném principu pracují i tepelná čerpadla odebírající teplo ze vzduchu.

U tepelných čerpadel se v praxi můžeme setkat s označením dvou okruhů, které se dělí na primární a sekundární. Primární okruh je ta část, co se nachází v zemi. Sekundární okruh pak představuje topný systém. V případě tepelných čerpadel vzduch - voda je primární okruh nahrazen přívodem venkovního vzduchu do zařízení pomocí ventilátoru, který je jejich nutnou součástí. (6)

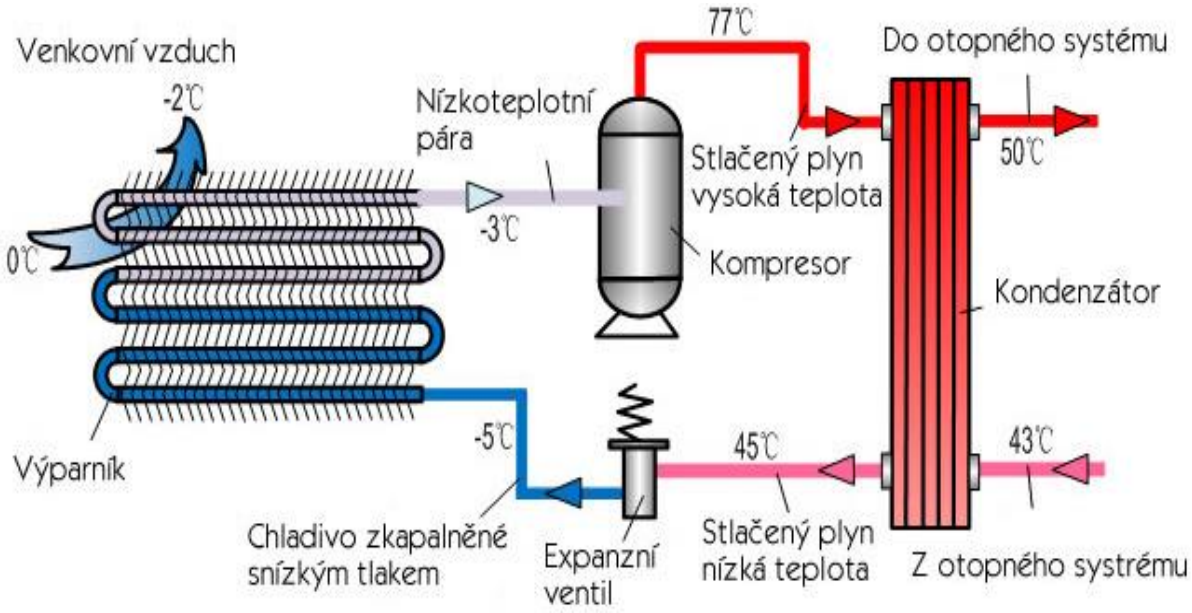
3.1. Princip tepelného čerpadla vzduch - voda

Výhodou tohoto systému je snadná instalace a také veliká univerzálnost. Tento typ čerpadla lze velmi jednoduše použít u prakticky jakékoliv stavby. Další výhodou jsou nižší pořizovací náklady, protože při užití tohoto typu nejsou potřebné zemní práce. V poslední řadě taktéž pořizovací cena samotného čerpadla je nižší. Čerpadlo snímá skrze jednotku a tepelné čidlo venkovní teplotu. Dle toho se mění jeho výkon, který užívá. S nižší teplotou výkon čerpadla roste, s nižší naopak klesá. Z tohoto důvodu by nemusel být tento systém vždy plně účinný a jeho provoz se zpravidla ještě doplňuje například elektrickým kotlem. Když teplota rychle klesá ke hranici zhruba -3 až -5°C teplo zajišťují oba systémy najednou, aby se zajistila stále příjemná teplota domova. (5,7)

Minimální teplota, u které je tento typ tepelného čerpadla ještě schopný plnit svoji funkci, je -20°C. Existují i typy, které pracují i v teplotách -25°C. V lokalitách, kde je takto silný mráz, pokrývá tepelnou potřebu pouze doplňkový zdroj. (6)

Tepelná čerpadla typu vzduch - voda mají několik možností zapojení. Skládají se ze dvou jednotek, které jsou rozdělené na vnitřní a venkovní. Dalším typem je kompaktní provedení, kdy celé čerpadlo může být venku, případně někde schované uvnitř objektu. U provedení děleného zapojení, které se také nazývá „split“, venkovní část čerpadla nasává vzduch. Zpravidla se tyto systémy umísťují pokud možno někde vedle domu co nejblíže topné soustavě nebo je lze umístit také na střechu. Vnitřní část systému je pak umístěna v domu a zajišťuje ohřev vody a topné soustavy. V dnešní době je také možné zakoupit tepelná čerpadla pouze vnitřního provedení. Zde je ale ovšem důležité klást veliký důraz na kvalitní vzduchotechnické potrubí. Množství protékaného vzduchu je řádově tisíce metrů krychlových za jednu hodinu provozu. Tudíž je potřebné zajistit kvalitní jak přívod, tak také odvod vzduchu. (5,6)

Vzduch, který užívá tepelné čerpadlo, vytváří hluk. Z toho důvodu je velmi důležité zvolit vhodné umístění tepelného čerpadla, aby nerušilo jak majitele objektu, tak také sousedy. Musíme tedy brát ohled na vhodné umístění tepelného čerpadla na pozemku, aby bylo také konstrukčně možné čerpadlo vůbec využít. U kvalitních vzduchových čerpadel se hodnota akustického tlaku ve vzdálenosti 5m od venkovní jednotky pohybuje pod hodnotu 40dB. (7)



Obrázek 5, Princip tepelného čerpadla vzduch – voda (5)

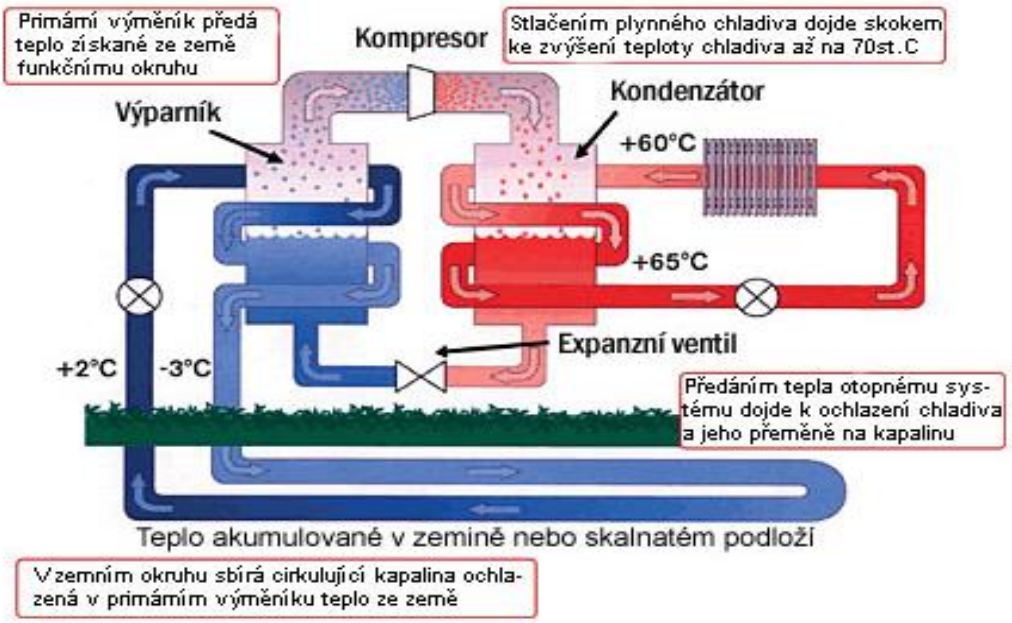
3.2. Princip tepelného čerpadla země - voda

Tento typ čerpadel patří mezi jedny z nejvýznamnějších na trhu. Tento systém lze hodnotit jako nestabilnější vzhledem k venkovním klimatickým podmínkám. Tepelná čerpadla typu země - voda jsou většinou provozována v bivalentním provozu. To znamená, že pod bodem bivalence (teplota kolem -5°C až -8°C) připíná doplňkový zdroj tepla (zpravila elektrokotel) a tepelnou pohodu zajišťují oba zdroje současně. V některých případech je můžeme provozovat i monovalentně, což má svoje výhody a nevýhody. (6)

Toto zařízení se většinou umísťuje do technické místnosti uvnitř domu. Tepelné čerpadlo může být v kompaktním provedení, což znamená, že obsahuje také zásobník na vodu. Druhým typem je standardní provedení, které se užívá pouze k vytápění.

Nevýhodou tohoto typu tepelného čerpadla musíme určitě zmínit zemní práce, které jsou k jeho instalaci nutné. Aby bylo možné čerpat teplo ze země, musí se instalovat buď zemní kolektor (označuje se též jako horizontální kolektor), nebo další možností jsou geotermální

vrty (označuje se jako vertikální kolektor). Zemní kolektory vyžadují rozsáhlé zemní práce, kterými jsou dlouhé výkopy. Jedná se ovšem o méně nákladnou oproti geotermálním vrtům. Ty lze považovat jako jednu z nejdražších položek v rozpočtu určeném na vytápění objektu. (5,6,7)



Obrázek 6, Princip tepelného čerpadla země – voda (5)

Vhodná volba kolektorů záleží především na geologické situaci a umístěním stavby na pozemku. Když se staví nový dům na volném prostranství, doporučují se rozhodně horizontální kolektory. Když to na pozemku není možné, volí se kolektory vertikální. Geotermální vrty se upřednostňují v kompaktních horninách, které nevyžadují pažení. Odebírat teplo z plošného kolektoru je možné celoročně, takže i v letních měsících. V té chvíli tepelné čerpadlo užíváme k ohřevu teplé vody. Systém geotermálního vrtu můžeme užít v letních měsících také k chlazení. (5)

Tepelná čerpadla této konstrukce se vyznačují stabilním výkonem a dosahují až 80% úspory provozních nákladů oproti tradičním systémům vytápění. Systém má taktéž velmi dlouhou životnost.

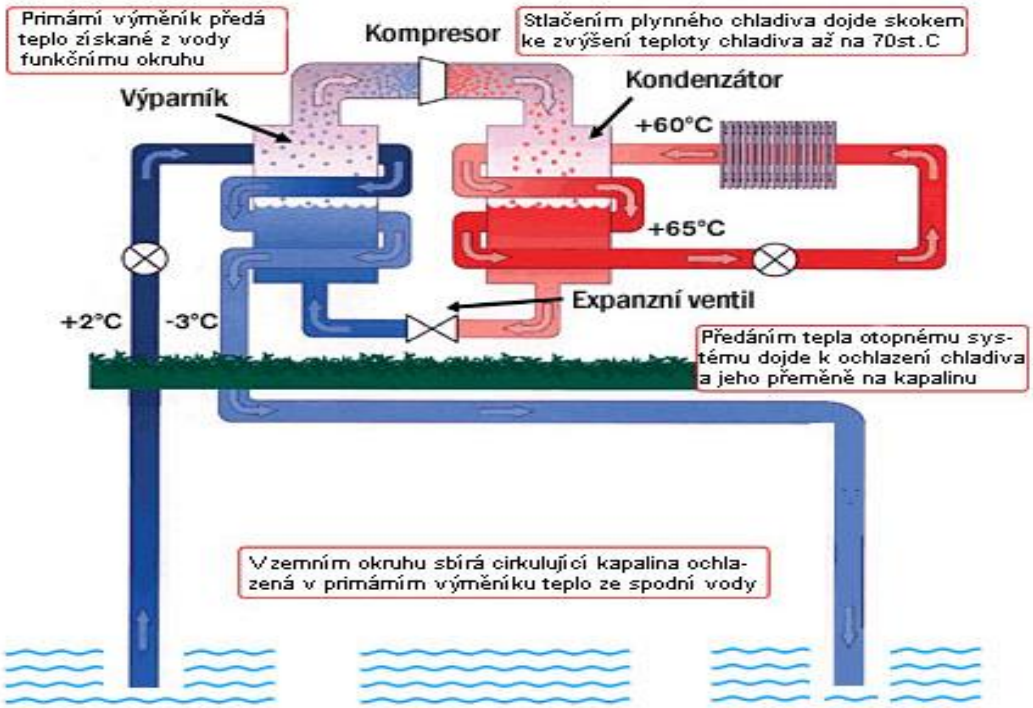
Zemní tepelné čerpadlo není závislé na venkovních klimatických podmínkách, tudíž ho můžeme použít prakticky kdekoliv, včetně horských oblastí, kde teploty dosahují i pod -25°C. (7)

3.3. Princip tepelného čerpadla voda - voda

Tento systém tepelných čerpadel disponuje největším tepelným výkonem. Bohužel, ale není častá možnost užití těchto systémů, protože není příliš lokalit vhodných k instalaci.

Tepelná energie se může užívat buď z vody povrchové, nebo podzemní. Je-li to geologicky možné a dovolí to vydatnost pramene, jsou studny nebo vrty tím nejlepším zdrojem energie. Podzemní voda disponuje stabilní teplotou okolo 8 – 10°C. Oproti tomu u geotermálních vod se teploty pohybují často i nad 30°C, díky tomu jsou tím nejlepším tepelným zdrojem.

Tepelné čerpadlo potřebuje ke svému fungování dvě studny. Jedna je užívána jako zdrojová voda. Druhá se užívá jako prostor na vsakování. Důležité je dodržet podmínku, aby se obě studny od sebe nacházely minimálně 15m. Pro užití v běžném rodinném domě spotřebuje čerpadlo přibližně 40000 litrů vody za den, díky tomu je důležitá vydatnost pramene alespoň 0,5l za sekundu. Měření vydatnosti by mělo být velmi přesné a kvalitní a není radno ho podceňovat. (7)



Obrázek 7, Princip tepelného čerpadla voda - voda (5)

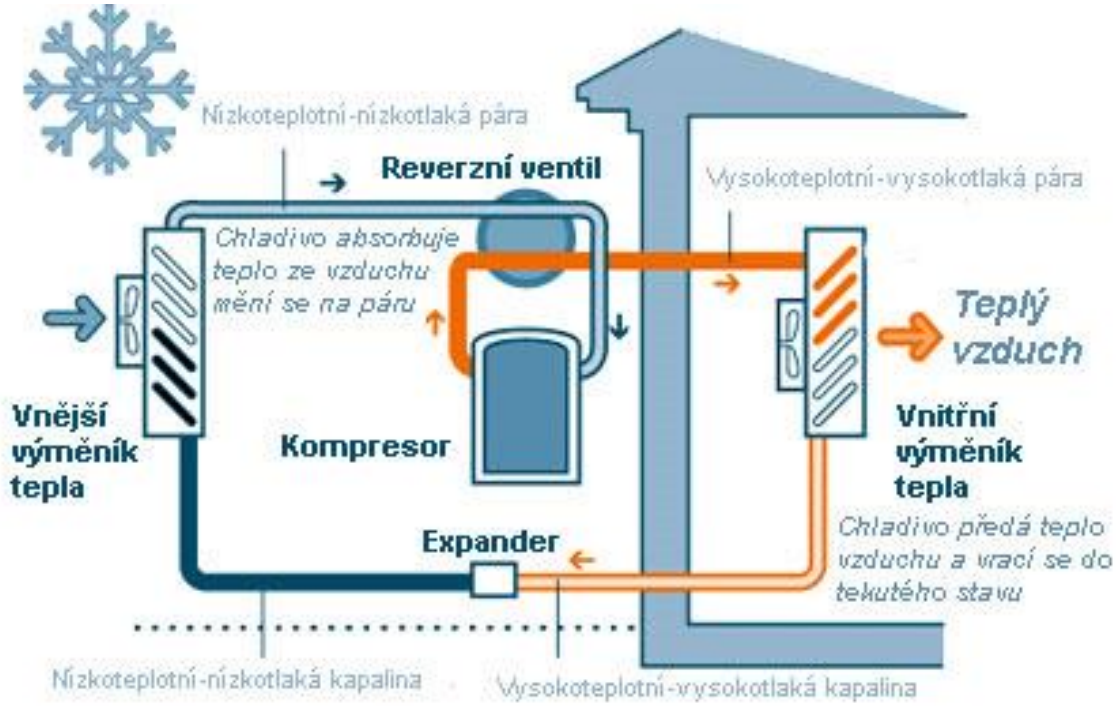
Rybníky, řeky nebo nějaké jiné vodní plochy se užívají k instalaci tepelných čerpadel velmi zřídka. Jejich využití, aby bylo dle legislativy v pořádku, souvisí s velmi složitou administrativou a také souhlasem jejich správce, nebo majitele. Mimo to také teplota povrchových vod nemá stálou teplotu. (6)

3.4. Princip tepelného čerpadla vzduch - vzduch

Tepelná čerpadla konstrukce vzduch - vzduch tepelný výkon vytváří přímo ze vzduchu, jinak je princip velmi podobný principu tepelných čerpadel vzduch - voda.

Tato čerpadla mohou disponovat jednou vnitřní jednotkou, nebo jich také mohou mít více. Čerpadla disponující jednou vnitřní jednotkou se užívají k vytápění např. u chat, chalup nebo třeba nějakých malých bytů. Použitá vnitřní jednotka vytápí hlavně místnost, ve které se na-

chází, díky tomu ostatní místnosti mohou zůstat chladné, protože se k nim teplo skrze uzavřené dveře nedostane. Při užití více těchto jednotek uvnitř, lze zajistit pohodlné vytápění, nebo také i klimatizaci celého domu. (5,6)



Obrázek 8, Schéma tepelného čerpadla vzduch – vzduch (7)

4. Rekuperace vzduchu

V další kapitole se budeme věnovat tzv. „rekuperaci vzduchu“. Dokonale zateplený a utěsněný dům musí mít dobře vyřešený systém větrání, jinak by uvnitř nebyl obyvatelný. Díky tomu je automatizovaný systém větrání, neboli tzv. rekuperace vzduchu, velmi často užívaný v pasivních domech. Tento systém zajišťuje, že nedochází k tepelným ztrátám a navíc je také v interiéru čerstvý vzduch, který je důležitý pro zdravé domácí prostředí. (10)

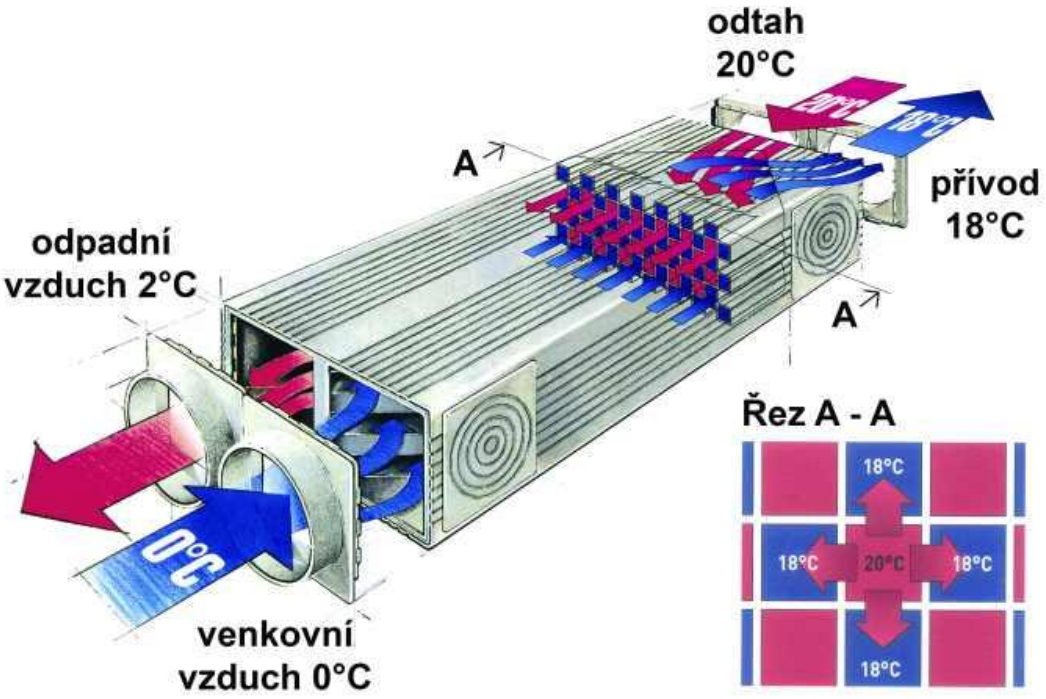
Kvalitní čerstvý vzduch je pro život nepostradatelný ať už na pracovišti, nebo doma. Docílit ale větrání v pravidelných intervalech je prakticky nemožné. Přes den by to člověk sotva zvládl, natož v noci je to nemožné. Správné větrání by mělo probíhat po dobu 3 až 5 minut, ideálně s úplně otevřenými okny a to každé 2 hodiny. Což není možné dodržet. (10,11)

V zimním období nechce nikdo zbytečně plýtvat teplem a přivádět si chlad do vyhřátých místností. Díky tomu se v zimním období větrá méně, nebo dokonce vůbec. To bohužel ale má za výsledek zvyšování koncentrace škodlivin, vlhkosti, což může vést až ke tvorbě plísní atd. (10)

Díky tomu se stávají součástí pasivních domů větrací jednotky s rekuperací tepla, která nám zajišťují maximální kvalitu vzduchu bez tepelných ztrát a zachování příjemného tepla domácnosti. Čerstvý vzduch se přivádí do místností při zachování potřebného množství. Následně špatný odpadní vzduch je odváděn z místností s produkcí škodlivin a vlhkosti, jako jsou toaleta, koupelna či kuchyň. (10,11)

Při dodržení tohoto systému větrání se ale odvádí veliké množství tepla, které je škoda jen vypustit do vzduchu mimo dům a nějak ho nevyužít. V pasivním domě o ně nepřicházíme. Rekuperační výměník má účinnost až 90%. Odvádí ohřátý vzduch a své teplo předává vzduchu přiváděnému. Jedná se o velice jednoduchý princip. Čerstvý vzduch přiváděný skrze jednotku se ohřívá téměř na pokojovou teplotu a díky tomu nevznikají tepelné rozdíly v místnostech, které by pro obyvatele mohly být nepříjemné. (10)

V systému jsou dva ventilátory, které pohánějí čerstvý nasávaný vzduch, který je studený. Současně odvádí odpadní vzduch, který má pokojovou teplotu. Tyto dva vzduchy proudí proti sobě v sousedních kanálcích. Kanálky jsou oddělené, tudíž se vzduch nějak nemíchá a kvalita nasávaného vzduchu tím není nějak ovlivněna. Díky systému filtrace nasávaného vzduchu se také snižuje prašnost v domě, což se značně projeví při kvalitě dýchání a hlavně také nevzniká tolik prachu, který je potřebný uklízet. Tyto speciální filtry jsou také jednou z možností jak zajistit příjemné bydlení pro alergiky. Další výhoda těchto systému je vnitřní ticho, které třeba v městských oblastech lze těžko zajistit s otevřenými okny. (10)



Obrázek 9, Schéma jednotky rekuperace vzduchu (10)

Ztráty tepla, které vznikají větráním, mají tak veliké hodnoty, že bez systému rekuperace vzduchu by pasivní dům neměl šanci splnit parametry a hodnoty potřebné pro tuto kategorii domu. (11)

Větrací jednotka může být umístěna prakticky kdekoliv. Může se nacházet ve sklepě, v podhledu stropu, či v podkroví, v technické místnosti, nebo přímo v místnostech. Dle toho se následně umísťují rozvody pro přívod a odtah vzduchu. Ty jsou následně vedeny v podhledu pod stropem, v podlaze, nebo ve stěnách. Další možností jsou třeba také přiznané rozvody, které mimo funkčnost, mohou zastávat také design. (10,11)

4.1. Výhody nuceného větrání s rekuperací tepla

- 80% až 95% úspora energie oproti běžnému větrání během topné sezóny
- neustále čerstvý vzduch bez překračování koncentrace obsahu CO2
- filtrovaný vzduch bez znečištění prachem a pyly – vhodné pro alergiky
- vysoký komfort – teplý vzduch bez průvanu a ochlazování konstrukcí
- bez hlukového zatížení – větrání se zavřenými okny
- kontinuální odvod vlhkosti – ochrana proti plísním
- bezobslužný provoz

5. Solární energie

Výroba energie pomocí solárního záření je velice výhodná, protože sluneční energie je nevyčerpatelná. Samozřejmě také záleží na lokalitě, kde se tyto systémy nachází. V mnoha zemích je dostatek slunečního svitu, což zajistí pokrytí velkého množství spotřeby energie po celý rok. V České republice to tak bohužel není, ale i tak se využití solární energie dá považovat za velice vhodný zdroj. Na území České republiky dopadá ročně od 945 kWh / m^2 do 1 139 kWh / m^2 slunečního svitu. (9)

Tento počet energie ale bohužel není rovnoměrně rozložen po dobu celého roku. Největší část slunečního svitu, která dopadá na naše území je v jarních a letních měsících. (9)

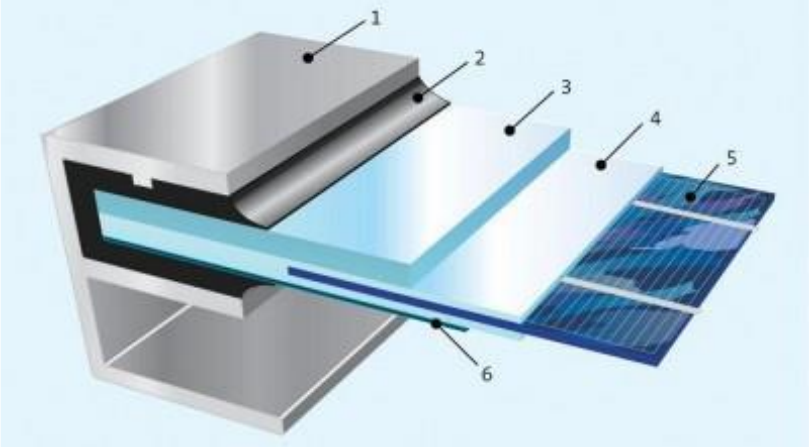
Solární energii tedy můžeme využít jak pro výrobu elektřiny pomocí fotovoltaických panelů, tak také k ohřevu teplé vody pomocí solárních kolektorů. V České republice lze nalézt několik solárních elektráren. (9)

5.1. Fotovoltaické panely

Fotovoltaický panel je panel, který se skládá z fotovoltaických článků. Dle způsobu jakým se opracovává křemík, je možné vyrobit různé druhy článků: amorfní, polykrystalické a monokrystalické.

Fotovoltaický článek je konstrukcí v podstatě polovodičová dioda. Základem tohoto článku je tenká křemíková destička s vodivostí typu P. Na té se nachází tenká vrstva polovodiče druhého typu, tedy N. Díky tomu nám mezi deskami vzniká přechod P-N. Fotony ze slunečního záření svým dopadem uvolňují z krystalické mřížky polovodiče volné elektrony a zůstávají po nich volné díry. Energie dopadajícího světla se mění na elektrickou energii. (12)

Tento systém nám tedy zapříčiní vznik stejnosměrného elektrického proudu, který můžeme přeměnit buď na střídavý a následně ho připojit do rozvodné sítě. Nebo lze tento systém využít k nabití akumulátorů, případně skrze topnou spirálu můžeme také ohřívat vodu. (9)



1. Hliníkový rám
2. Těsnění
3. Tvrzené sklo
4. Folie EVA
5. Článek z křemíku
6. Vodotěsná fólie z umělé hmoty

Obrázek 10, Fotovoltaický panel (12)

5.2. Solární kolektory

Solární tepelný kolektor je zařízení určené k přijímání slunečního záření. Toto záření je následně přeměněno na tepelnou energii, která je předána teplonosné látce protékající kolektorem. Základním prvkem kolektoru je absorpční plocha, která se při pohlcování slunečního záření ohřívá. (9)

Solární kolektor si může praktický každý vyrobit doma. Jako nejjednodušší solární kolektor můžeme brát černou hadici napuštěnou vodou. V letních horkých měsících se zahřívá do vysokých teplot a ohřátá voda může být dále využívána. Tento systém je hojně využívaný v oblastech kde mají vhodné teplotní podmínky celoročně. Za tyto místa můžeme považovat

například Floridu, kde systém solárních kolektorů využívá mnoho domácností. V podnebném pásu, ve kterém se nachází Česká republika, by tento systém bohužel nebyl dostatečný a musíme k ohřevu vody užít mnohem technicky propracovanějších kolektorů. (9,12)

V klimatických podmínkách střední Evropy se solární systémy pro ohřev teplé užitkové vody projektují převážně s předpokladem, že sluneční energie pokryje 50% -60% roční spotřeby teplé užitkové vody. V letních měsících solární systémy pokryjí téměř celou potřebu teplé užitkové vody, avšak v měsících zimních se do ohřevu musí zapojit stávající topné systémy a pokrýt zbytek ohřevu. (9)

5.2.1. Ploché kolektory

Tento typ kolektoru je nejčastějším užívaným. Skládá se ze 4 základních částí, těmi jsou: absorbér, skříň, izolace a krycí sklo. Ploché kolektory mají jednoduchou konstrukci, tudíž jsou levnější, než trubicové vakuové kolektory, ale bohužel mají také nižší účinnost. Nízká účinnost se také silně projevuje při nízkých venkovních teplotách a snížené intenzitě slunečního záření. Naproti tomu trubicové kolektory, u nichž je absorpční vrstva kolektoru chráněna vakuem, mají velmi malou tepelnou ztrátu a nesnižuje se jejich účinnost při nízkých venkovních teplotách a snížené intenzitě slunečního záření. (9)

Absorbér – je část kolektoru vyrobená z hliníkového nebo měděného plechu. K jeho zadní straně jsou připájeny nebo nalisovány měděné trubice. Povrch absorbéru je uzpůsobený k pohlcování co nejvíce záření. Levné absorbéry, se natírají matnou černou barvou, aby se zajistila jejich funkčnost dostačující pro letní období. Kvalitnější typy kolektorů mají aplikovaný na povrchu speciální selektivní spektrální nátěr, který je schopný pohltit až 96 % záření, při minimálním vyzařování tepla. Tyto nátěry jsou vhodné pro celoroční užití díky tomu, že jsou schopny pohltit jak přímé, tak i rozptýlené sluneční světlo. Díky tomu je možné je využít celoročně. Získané teplo se přenáší buď přímo na vodu, nebo také na speciální nemrznoucí kapalinu. (12)

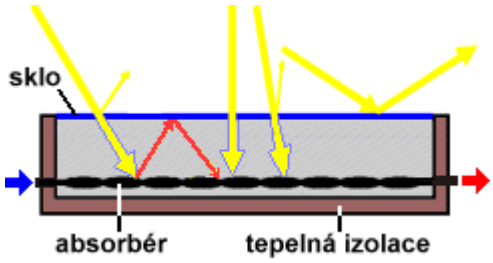
Skříň – plastová, dřevěná nebo kovová vana sloužící pro uložení absorbéru, včetně dalších prvků. Tento typ kolektoru se často uchycuje na střechu domu, nebo budovy,

ale také může být uchycen na stěně. Z tohoto důvodu musí být skříň dostatečně robustní, aby se dala spolehlivě umístit a vydržela okolním vlivům. (12)

Izolace – zamezuje úniku tepla z absorbéru skrze stěny skříně a současně také omezuje tepelné ztráty. Nejčastěji užívaným materiálem je izolace z polyuretanu, nebo také z minerální vlny. Musí být odolná vůči teplotám až 200 °C a současně nesmí přijímat vlhkost z okolního prostředí. (12)

Krycí sklo - omezuje tepelné ztráty přední stěnou kolektoru. Viditelné světlo jím snadno prochází a v absorbéru se mění na teplo. Dlouhovlnné tepelné záření však sklo nepropouští ven. Uvnitř kolektoru vzniká skleníkový jev, při kterém se zvyšuje teplota proudící kapaliny. Používány jsou speciální bezpečností skla disponující velkou propustností světla a také dlouhou životností. (12)

Obrázek 12, Plochý kolektor (12)

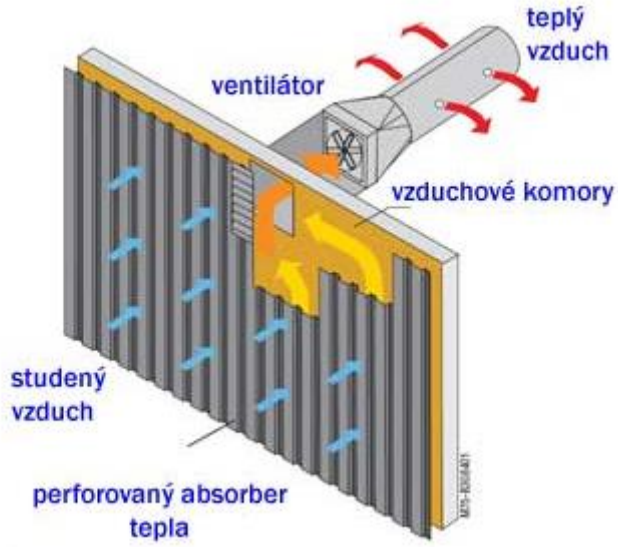


Obrázek 11, Schéma plochého kolektoru (12)

5.2.2. Vzduchové kolektory

Vzduchový kolektor je jedno ze solárních zařízení, které slouží k přitápění a temperování objektů jejich odvlhčováním. Díky jeho funkčnosti můžeme v objektu udržovat příjemné klima a

v neposlední řadě okysličuje vzduch uvnitř budovy. Konstrukcí se jedná o solární panel, který se užívá k přímému ohřevu vzduchu, který skrze něj proudí. Ve chvíli kdy se vzduch zahřeje nad 30°C, tepelné čidlo dá informaci ventilátoru. Ventilátor nasaje chladný venkovní vzduch, který se skrze kolektor ohřeje. Následně ho vžene do místnosti ohřátý a tím vytopí místnost. Jedná se tedy o jednu z alternativ pomocného vytápění domu. Nachází, ale také široké uplatnění nejen při vytápění. Využití má taktéž při vysoušení vnitřních prostor, kde je schopný zajistit bezobslužný, plně automatický provoz. Díky tomu ho můžeme využít při přitápění na chatě, skleníku, v sušičkách píce i ovoce. Tento systém není schopný plně vytopit objekt. Je tedy nutné ho kombinovat s klasickým ústředním topením, nebo elektrickým přímotopným. Automatický a bezobslužný provoz zajišťuje s úspěchem temperování a vytápění chat, ale i rodinných domů, kanceláří i dílenských provozů. (9,12)



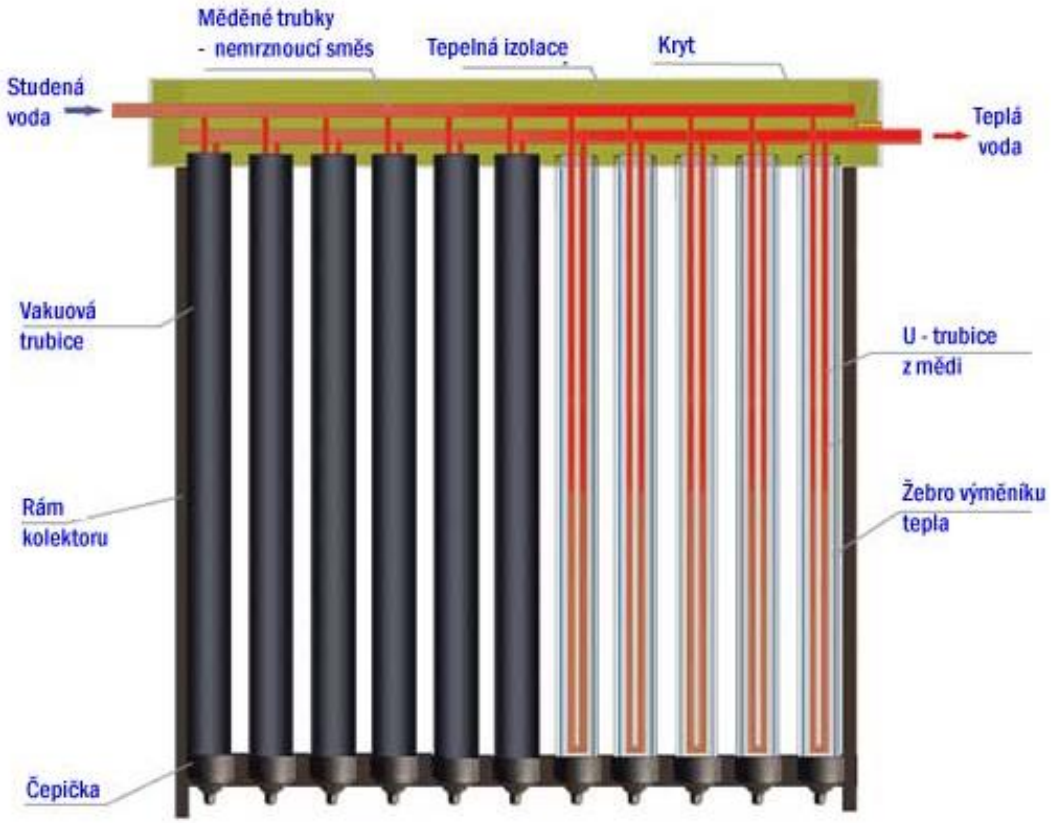
Obrázek 13, Vzduchový tepelný kolektor s ventilátorem (12)

5.2.3. Vakuové - trubicové kolektory

Trubicové vakuové sluneční kolektory se využívají zejména pro solární systémy sloužící pro přitápění a přípravu teplé vody. Vrstva kolektoru, která absorbuje teplo je chráněna vakuem,

což zajišťuje velmi malou tepelnou ztrátu. Díky tomu se tedy nesnižuje účinnost kolektorů při nízkých venkovních teplotách a snížené intenzitě slunečního záření jako se tomu stává u kolektorů plochých. (9)

Tyto kolektory disponují výrazně vyšším energetickým výnosem, především v chladnějších ročních obdobích. Dále můžeme zmínit, že tyto kolektory potřebují menší plochu ve srovnání s kolektory plochého typu. Všechny tyto výhody bohužel ale obnášejí mnohem vyšší pořizovací cenu, která je prakticky asi jedinou nevýhodou těchto systémů. (9)



Obrázek 14, Schéma vakuového trubicového kolektoru (12)

6. Ekonomické zhodnocení

Pro případ ekonomického zhodnocení se mi naskytla úžasná příležitost 3 roky nazpět. Bydlím se svými rodiči v rodinném domě nedaleko Prahy. Jedná se o starší stavbu zkolaudovanou v roce 2000. Celková podlahová plocha domu činí 276m^2. Při výstavbě domu bylo použito pouze elektrické vytápění topnými tělesy. Ve sklepě domu se nacházely 3 nádoby s topnými tělesy, každá o objemu 1000l. Roční spotřeba elektrické energie činila přibližně 35MW.

V roce 2013 rodiče pořídili tepelné čerpadlo systému vzduch – vzduch. Tento typ čerpadla byl vybrán z důvodu rozložení domu na pozemku. Nebylo možné provádět žádné výkopy ani vrty. Pořizovací hodnota tepelného čerpadla činila 260 000Kč, dále pak kompletní instalace 35 000Kč. Dvě nádoby o objemu 1000l byly odstraněny a zůstala pouze jedna s topnými tělesy k součinnosti s tepelným čerpadlem. Po instalaci tepelného čerpadla výrazně klesla spotřeba elektrické energie. Ceny energie se mění a taktéž zimy už nebývají tak silné jako dříve, ale i přesto se návratnost tepelného čerpadla pohybuje okolo 6 roků.

Zároveň je od instalace tepelného čerpadla vnitřní prostor mnohem lépe vytopený a domácnost je v zimních měsících příjemnější k obývání, než dříve.

Období	Spotřeba elektrické energie v MWh
5/2010 – 5/2011	39,281
5/2011 – 5/2012	34,518
5/2012 – 5/2013	21,258
5/2013 – 5/2014	19,363
5/2014 – 5/2015	17,907

Tabulka 2, Spotřeba elektrické energie v rodinném době za období

7. Závěr

V dnešní době nových technologií materiálů se stále nabízejí nové možnosti alternativního bydlení. Pořizovací náklady nejsou razantně vyšší oproti klasickým domům a systémům vytápění. Ovšem vnitřní komfort a kvalita bydlení se posouvá na úplně jinou úroveň. To vše při ušetření nákladů na bydlení. Cílem této práce bylo sesbírat informace o možnostech energií v pasivních domech. V práci se uvádí základní informace o pasivních domech, možnostech vytápění, používajících systémů a materiálů.

Možnosti vytápění domů stále přibývají a značně se vyvíjejí oproti dřívějším domům. Je jisté, že se stavby domů jako takové, použité materiály a v neposlední řadě také možnosti vytápění a celkově energií v domech budou neustále rozvíjet. V budoucnosti lze očekávat, že domy budou nezávislé jednotky, schopné fungovat bez přidaných energií.

8. Bibliografie

1. **HALLIDAY David, Robert RESNICK, Jearl WALKER.** *Fyzika: vysokoškolská učebnice obecné fyziky.* Brno : VUTIUM, 2000. 80-214-1868-0.

2. **MECHLOVÁ, Erika a Karel KOŠŤÁL.** *Výkladový slovník fyziky pro základní vysokoškolský kurz.* Praha : Prometheus, 1999. 80-7196-151-5.

3. **HALPERN, ALVIN.** *Schaum's 3000 solved problems in physics.* New York : McGraw-Hill, 1988. 0-07-025734-5.

4. **JARDINE, EDITOR JIM.** *Physics through applications.* Oxford : Oxford University Press, 1991. 0-19-914280-7.

5. **SRDEČNÝ, Karel a Jan TRUXA.** *Tepelná čerpadla.* Brno : ERA, 2005. 80-7366-031-8.

6. **KARLÍK, Robert.** *Tepelné čerpadlo pro váš dům.* Praha : Grada, 2009. 978-80-247-2720-2.

7. **ŽERAVÍK, Antonín.** *Stavíme tepelné čerpadlo: [návratnost i za jeden rok].* Přerov : Antonín Žeravík, 2003. 80-239-0275-X.

8. **HUDEC, Mojmír.** *Pasivní rodinný dům: proč a jak stavět.* Praha : Grada, 2008. 978-80-247-2555-0.

9. **MURTINGER, Karel a Jan TRUXA.** *Solární energie pro váš dům.* Brno : Computer Press, 2010. 9788025132418.

10. **ZMRHAL, Vladimír.** *Větrání rodinných a bytových domů.* Praha : Grada, 2014. 978-80-247-4573-2.

11. **PREGIZER, Dieter.** *Zásady pro stavbu pasivního domu.* Praha : Grada, 2009. 978-80-247-2431-7.

12. **MITTERMAIR, Franz, Gerhard WEIßE a Werner SAUER.** *Zařízení se slunečními kolektory: návody ke svépomocné stavbě systémů pro ohřev vody využitím energie Slunce.* Ostrava : HEL, 1999. 80-86167-02-X.

Seznam obrázků:

Obrázek 1, Energetický štítek budovy (11) 4
Obrázek 2, Natočení domu vzhledem ke světovým stranám (8) 5
Obrázek 3, Izolace pasivního domu (11) 7
Obrázek 4, Okno pasivního domu (11) 8
Obrázek 5, Princip tepelného čerpadla vzduch – voda (5) 12
Obrázek 6, Princip tepelného čerpadla země – voda (5) 13
Obrázek 7, Princip tepelného čerpadla voda - voda (5) 15
Obrázek 8, Schéma tepelného čerpadla vzduch – vzduch (7) 16
Obrázek 9, Schéma jednotky rekuperace vzduchu (10) 18
Obrázek 10, Fotovoltaický panel (12) 20
Obrázek 11, Schéma plochého kolektoru (12) 22
Obrázek 12, Plochý kolektor (12) 22
Obrázek 13, Vzduchový tepelný kolektor s ventilátorem (12) 23
Obrázek 14, Schéma vakuového trubicového kolektoru (12) 24

Seznam tabulek:

Tabulka 1, Doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla (8) 6
Tabulka 2, Spotřeba elektrické energie v rodinném době za období 25